*Alberto Cina
**Flavio C. Ferrante
*Marco Piras
***Chiara Porporato

La trasformazione dal DATUM catastale ai DATUM Roma 1940 e ETRF2000

Parole chiave: **Cassini-Soldner, mappa catastale, ETRF2000, trasformazione tra DATUM**

Abstract Nell'articolo verrà esposta una procedura geodetica di trasformazione dal DATUM catastale, verso il DATUM Roma 1940 oltre che ETRF2000, messa a punto presso il Politecnico di Torino – DIATI. Essa è stata applicata nella Regione Piemonte, realtà particolarmente complessa per la consistente presenza di sistemi d'asse di piccola estensione (circa 540), dopo una sperimentazione eseguita nell'ambito di una collaborazione scientifica tra l'Agenzia del Territorio e il Politecnico di Torino – DIATI e in base ad un accordo tra Politecnico di Torino, Regione Piemonte e CSI Piemonte.

INTRODUZIONE

La mappa catastale rappresenta uno strumento imprescindibile per la gestione del territorio.
È l'unica cartografia a grande scala estesa a tutto il territorio italiano nella quale è rappresentato il tematismo del possesso. L'Agenzia del Territorio dispone di tutte le mappe (oltre 300.000) in formato vettoriale, nel sistema di riferimento nativo, e sono in corso le procedure per l'acquisizione digitale delle mappe "originali d'impianto" in formato raster. Appare evidente l'importanza dell'interoperabilità di tale patrimonio cartografico con i database topografici di altri enti preposti al governo del territorio, per poter attuare correttamente qualunque operazione di programmazione, pianificazione e gestione del territorio. Da qui la condivisione dello stesso sistema di riferimento, o DATUM.
È noto come il sistema di riferimento catastale sia basato storicamente sull'ellissoide di Bessel (DATUM Bessel 1841) che assunse vari orientamenti locali. La rappresentazione cartografica adottata in tale DATUM, ad eccezione di limitate zone, fu quella di Cassini-Soldner con numerose origini (o sistemi d'asse) di piccola e grande estensione (oltre 800). L'adozione del sistema di riferimento Roma 1940, realizzato dalla rete geodetica di primo ordine IGM (Istituto Geografico Militare), con coordinate cartografiche Gauss-Boaga, pose il problema della trasformazione del DATUM catastale (Paroli, 1943).
Occorre poi considerare che l'evoluzione dei sistemi di riferimento in ambito internazionale ha portato oggi a recepire la direttiva europea INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) sulla condivisione dei dati territoriali e dunque l'adozione del nuovo DATUM WGS84 anche in Italia, coerentemente con il sistema nel quale si fanno le operazioni di misura e calcolo con GPS (Global Positioning System) o GNSS (Global Navigation Satellite systems). Alla nota sigla WGS84 (World Geodetic System 1984) si preferisce sempre associare la relativa realizzazione geodetica (Frame) che rende il sistema di riferimento fruibile. In Italia il frame è costituito dalla Rete Dinamica Nazionale

*Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI) **Agenzia del Territorio – Direzione Centrale Catasto e Cartografia (DCCC) ***Politecnico di Torino – Dipartimento di Architettura e Design (DAD)

(RDN), realizzata dall'IGM, che materializza il frame ETRF2000 (Baroni *et al*., 2012). Chiameremo, pertanto, le coordinate cartografiche che derivano da tale DATUM, nella rappresentazione di Gauss, UTM-ETRF2000.
Occorre ancora ricordare che il cambio di DATUM tra Roma 1940 e ETRF2000 viene risolto con le procedure di trasformazione continua, individuate dall'IGM e messe in pratica con l'approccio VERTO (Donatelli *et al*., 2002). Quest'ultimo si basa sull'interpolazione di grigliati di variazione di coordinate geografiche tra i DATUM, contenuti in file con estensione .GK2. È sufficiente, perciò, trasformare il DATUM catastale in uno solo dei due (ad esempio Roma 1940) e successivamente applicare la procedura VERTO per effettuare l'ulteriore cambio di sistema di riferimento (es. ETRF2000).
Con queste premesse, sarà ora esposta la procedura geodetica di trasformazione del DATUM catastale, applicabile sia verso il DATUM Roma 1940 che ETRF2000, messa a punto presso il Politecnico di Torino – DIATI (Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture). Essa è stata applicata nella Regione Piemonte, realtà particolarmente complessa per la consistente presenza di sistemi d'asse di piccola estensione che risultano essere circa 540, dopo una sperimentazione eseguita nell'ambito di una collaborazione scientifica tra l'Agenzia del Territorio e il Politecnico di Torino – DIATI ed in base ad un accordo tra Politecnico di Torino, Regione Piemonte e CSI Piemonte (Consorzio per il Sistema Informativo).

LA TRASFORMAZIONE DEL DATUM CATASTALE

In generale, la trasformazione tra DATUM avviene confrontando misure e coordinate note nei due sistemi, stimando i parametri di trasformazione secondo un determinato modello, generalmente una rototraslazione con variazione di scala. È possibile confrontare coordinate di punti nei due sistemi di riferimento solo se i sistemi di coordinate sono fra di loro coerenti, ad esempio entrambi cartografici o entrambi geografici.
Nel caso in esame, occorre trasformare il DATUM catastale Bessel 1841, con coordinate cartografiche Cassini-Soldner, in uno dei due sistemi: Roma 1940 con coordinate cartografiche Gauss-Boaga oppure ETRF2000 con coordinate cartografiche UTM-ETRF2000. Le procedure di calcolo possono essere diverse, pur conducendo allo stesso obiettivo.

È possibile partire da coordinate cartografiche o geografiche, basandosi sulla conoscenza di punti di doppie coordinate oppure delle origini catastali, anche nel solo sistema di arrivo. In sintesi le due procedure possibili sono:

- metodo per **punti di doppie coordinate**: consente la stima delle trasformazioni del DATUM catastale a Roma 1940 (Di Filippo, 1995) con punti di doppie coordinate, che non siano necessariamente le origini, note nei due sistemi. In generale si ipotizza la coerenza dei fogli di mappa nell'ambito della medesima origine, cosicché la ricerca dei punti doppi può essere effettuata per origine e non per foglio di mappa (Di Filippo, 2003).
- metodo per **origini catastali**: la metodologia si basa su considerazioni geodetiche e cartografiche che, a partire dalla conoscenza dell'origine catastale nel sistema d'arrivo, permettono di riproiettare i punti dal DATUM catastale a ETRF2000 o Roma 1940, passando tramite le superfici degli ellissoidi.

L'Agenzia del Territorio si avvale, all'interno del proprio sistema informativo, della procedura per punti doppi. Verrà qui affrontata la procedura per origini catastali. Va comunque precisato che i due metodi non sono da considerarsi antitetici ma possono al contrario integrarsi, come verrà illustrato di seguito.

La conoscenza delle origini catastali permette di eseguire la trasformazione anche in mancanza di un numero sufficiente di punti di doppie coordinate, situazione spesso ritrovabile nel caso delle piccole origini. È anche possibile, con la procedura per origini catastali, generare analiticamente punti di doppie coordinate a supporto delle trasformazioni tra DATUM col metodo per punti doppi utilizzato dall'Agenzia del Territorio.
Dall'altro lato, disporre di punti di doppie coordinate permette di rideterminare l'origine del sistema catastale che li ha generati, stimandone le coordinate nel sistema d'arrivo e la relativa matrice di varianza covarianza con il principio dei minimi quadrati. Ciò consente una stima della precisione e affidabilità dell'origine o una validazione del dato eventualmente presente in monografia. Il metodo si può adattare quindi alla determinazione di origini delle quali si sia persa la provenienza o la documentazione, oppure nel caso dell'origine catastale posta su un "punto ideale", ovvero senza una reale materializzazione.
Entrambi gli approcci possono essere applicati a seconda delle tipologie del materiale geodetico a disposizione. In seguito verrà riassunta la procedura geodetica per origini catastali, ma per maggiori dettagli si veda Cina, 2008.

PROCEDURA GEODETICA PER ORIGINI CATASTALI

Questa procedura si basa sulla considerazione che nel DATUM di partenza e di arrivo, pur cambiando la forma dell'ellissoide, rimangono praticamente invariate lunghezze s e azimut α di geodetiche. Tali valori (s, α), detti coordinate geodetiche polari, sono ricavabili a partire dalle Cassini-Soldner (Y, X) con le formule di Soldner (1) (Inghilleri, 1970) attraverso il calcolo dell'eccesso sferico 3ε:

$$s = \sqrt{(Y + \varepsilon X)^2 + (X - 2\varepsilon X)^2} \qquad \alpha = \arctan\frac{(Y + \varepsilon X)}{(X - 2\varepsilon Y)} \qquad 3\varepsilon = \frac{XY}{2\rho_0 N_0} \tag{1}$$

con ρ_0 e N_0 raggi principali di curvatura.
Affrontiamo il cambio di DATUM catastale come un problema bidimensionale, usando le coordinate nel piano di Gauss. In tale piano cartografico possiamo utilizzare lunghezze e azimut di trasformate di geodetiche per il trasporto delle coordinate (2):

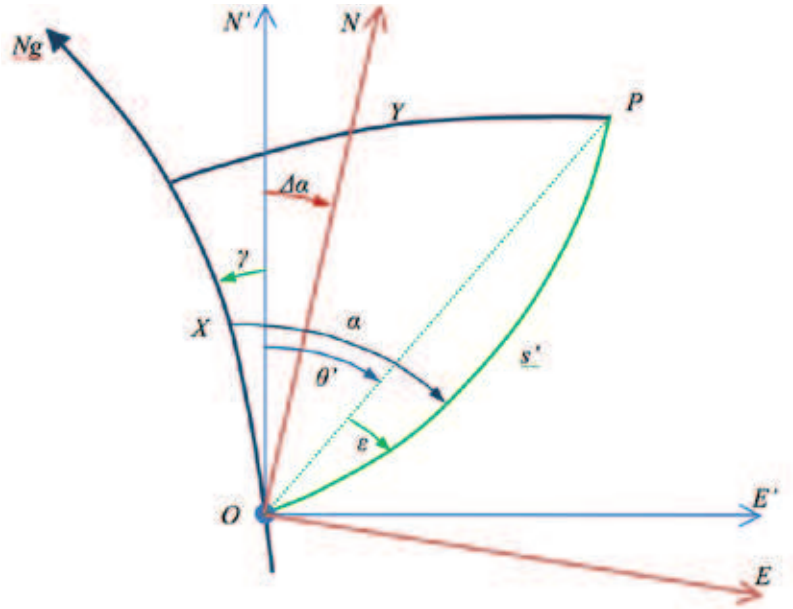
$$\begin{aligned} E' &= E_0 + s' \sin\theta' \\ N' &= N_0 + s' \cos\theta' \end{aligned} \tag{2}$$

s', θ' sono, rispettivamente, la lunghezza della trasformata di geodetica e l'angolo di direzione della corda che la sottende, nel piano di Gauss. Supponendo note le coordinate E_0, N_0 dell'origine nel sistema d'arrivo, si otterranno le coordinate E', N' in un piano di Gauss "intermedio", ruotato e scalato rispetto a quello del DATUM di arrivo (Figura 1). Occorrerà, quindi, effettuare la stima dei soli parametri di rotazione $\Delta\alpha$ e fattore di scala λ, a partire da pochi punti di doppie coordinate. Tale stima può essere fatta per ogni origine o per gruppi di origini. Dal piano di Gauss "intermedio" passiamo a quello del sistema di arrivo in coordinate E, N con una rotazione con fattore di scala (3):

$$\begin{pmatrix} E \\ N \end{pmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} \cos\Delta\alpha & \sin\Delta\alpha \\ -\sin\Delta\alpha & \cos\Delta\alpha \end{bmatrix} \begin{pmatrix} E' \\ N' \end{pmatrix} \tag{3}$$

La rotazione è spiegabile col diverso orientamento dell'ellissoide, mentre il fattore di scala consente di tener conto delle inevitabili distorsioni nelle reti geodetiche che materializzano i differenti Frame.

Figura 1 Sistemi di riferimento e di coordinate:
Y X Cassini-Soldner,
E' N' coordinate di Gauss in un sistema intermedio,
E N coordinate di Gauss nel sistema d'arrivo

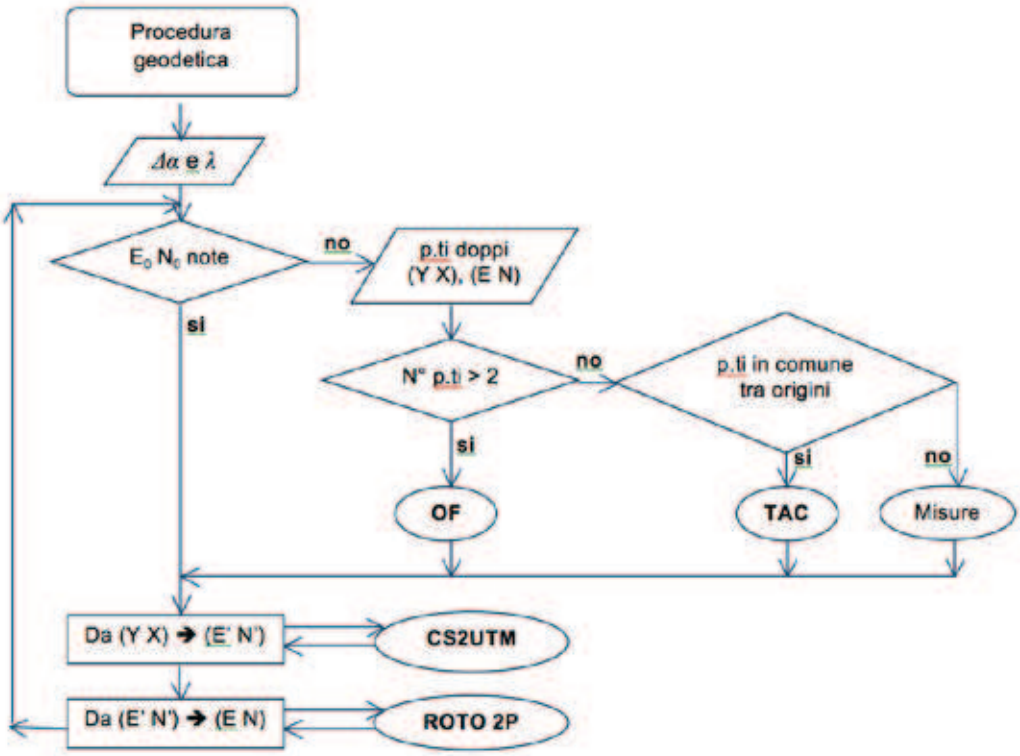


Il calcolo di s', θ' può essere fatto a partire dalle coordinate geodetiche polari (s, α) tenendo conto della deformazione angolare della rappresentazione Cassini-Soldner (δ_{CS}), dei moduli di deformazione lineare Cassini-Soldner (m_{CS}) e Gauss (m_{Gauss}) oltre agli elementi di riduzione cartografici come la convergenza della trasformata del meridiano (γ) e la correzione angolare alla corda (ε) (4).
Occorrerà dunque proiettare (s, α) dal piano Cassini-Soldner alla superficie dell'ellissoide e successivamente al piano di Gauss.

$$\theta' = \alpha + \delta_{OP} + \gamma_0 - \varepsilon_{OP} \qquad s' = s \frac{m_{Gauss}}{m_{CS}} \tag{4}$$

Vediamo come la trasformazione può essere eseguita con il procedimento geodetico specificato, indicando con "CS2UTM" la procedura geodetica nel diagramma a blocchi di Figura 2.
Appare evidente l'importanza della conoscenza dell'origine catastale nel sistema di arrivo e della sua eventuale determinazione qualora risulti incognita oppure incerta. I metodi di determinazione dell'origine catastale, denominati OF (Origine Fittizia) e TAC (Triangolazione Aerea Catastale) saranno esposti nei successivi paragrafi. Nei casi in cui non esistano i presupposti per la loro applicazione la soluzione alternativa è costituita dalla determinazione delle coordinate con misure in campagna.

Figura 2 Trasformazione da DATUM catastale in coordinate Cassini-Soldner (Y, X) a DATUM di arrivo in coordinate di Gauss (E, N)



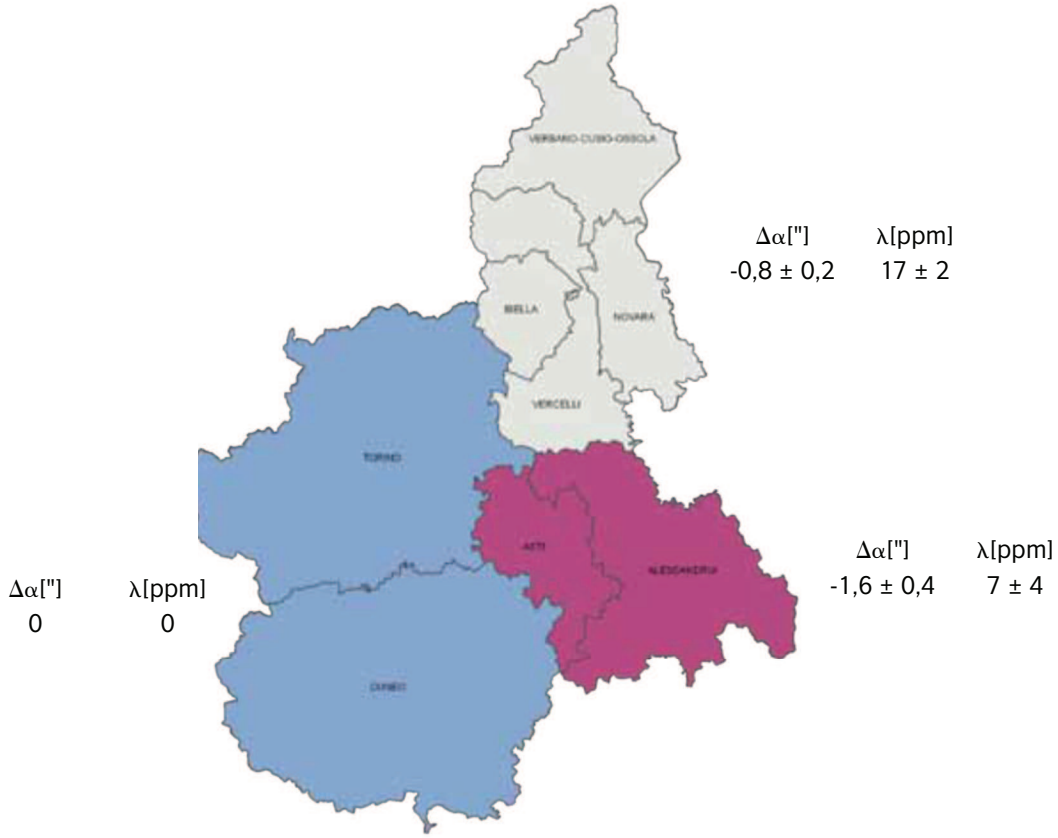
STIMA DEI PARAMETRI DI ROTAZIONE E SCALA: IL CASO DELLA REGIONE PIEMONTE

È stato detto come questa stima coinvolga le coordinate Cassini-Soldner trasformate in un sistema intermedio su di un piano di Gauss, ruotato e scalato rispetto a quello di arrivo. La stima di tali parametri non richiede in generale numerosi punti di doppie coordinate, se questi sono di buona qualità e ben rappresentativi dei sistemi di riferimento.

Coinvolgere nella stima più punti permette però di valutare la qualità delle coordinate nei due sistemi di riferimento mediante i test sui residui minimi quadrati (Cina, 2002).

Tale stima può essere fatta per ogni origine catastale oppure condotta per gruppi di origini con parametri simili. Nel caso particolare della Regione Piemonte, i valori dei parametri stimati per ogni provincia si presentavano significativamente diversi a gruppi e una stima su tutto il territorio regionale forniva scarti ai minimi quadrati elevati. I differenti tentativi di accorpamento delle provincie hanno portato all'individuazione di tre macro aree coerenti per quanto riguarda i parametri di orientamento. Si tratta di tre *cluster*, riportati in Figura 3 e contraddistinti da tre differenti colorazioni, che geograficamente coinvolgono rispettivamente la zona Sud-Ovest (Provincie di Torino e Cuneo), la zona Est (Provincie di Alessandria e Asti) e la zona Nord (Provincie di Vercelli, Verbano Cusio Ossola, Biella e Novara) del Piemonte. Tali parametri, i cui valori stimati sono riportati in Figura 3, possono essere applicati per la trasformazione tra DATUM: essi risolvono la trasformazione da DATUM Catastale a ETRF2000.

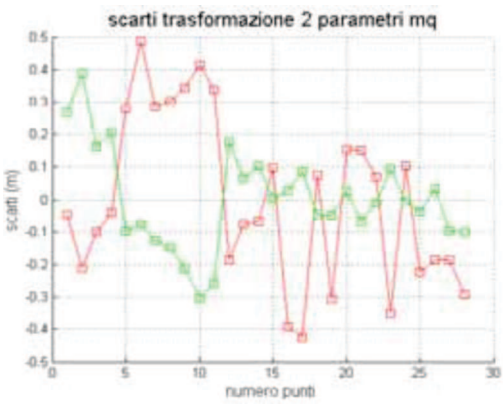
Figura 3 - Parametri di orientamento stimati per i cluster delle provincie piemontesi



Vengono riportati in Figura 4 gli scarti sui punti di doppie coordinate per due dei tre cluster individuati: essi risultano sempre inferiori a 50 cm, nonostante le elevate interdistanze tra i vertici.

Figura 4 Scarti stimati ai minimi quadrati sui vertici impiegati nella stima dei parametri di trasformazione. Est in verde e Nord in rosso

Scarti AT+ AL



Scarti VCO + BI +VC + NO

LA DETERMINAZIONE DELL'ORIGINE CATASTALE

Nella trasformazione presentata è molto importante l'affidabilità delle coordinate dell'origine catastale. Tali valori possono essere riportati sia in entrambi i sistemi Roma 1940 e Cassini-Soldner (nelle monografie conservate negli archivi dell'Agenzia del Territorio - Figura 5) oppure solamente in Cassini-Soldner (Figura 6).

Figura 5 Monografia di vertice catastale con coordinate Cassini-Soldner e Gauss Boaga

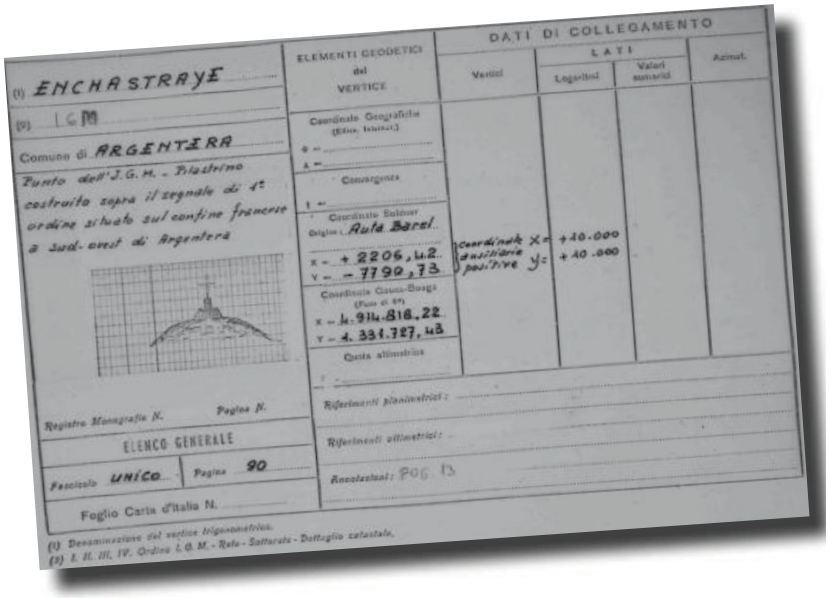
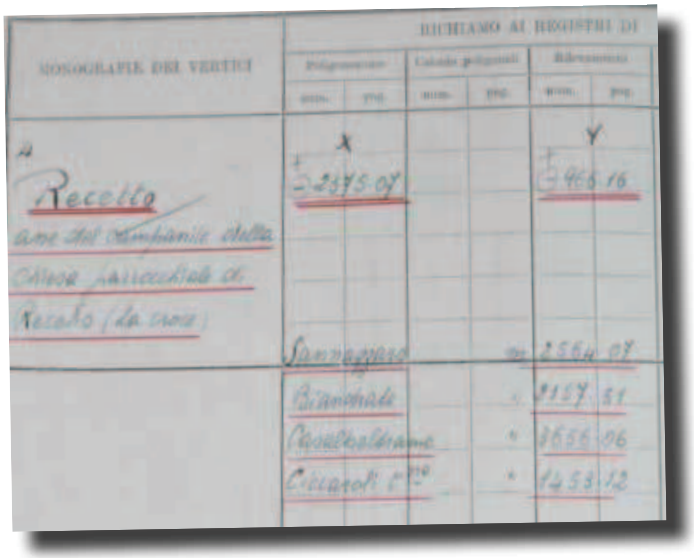


Figura 6 Coordinate di vertici Catastali in Cassini-Soldner



Se non esistono le coordinate delle origini nel sistema di arrivo, è possibile determinarle con misure dirette sul terreno: in Figura 7a-b, sono riportati degli esempi di operazioni di rilievo per determinare le coordinate dell'origine catastale, definita come asse del campanile, nei sistemi Roma 1940 e ETRF2000. A partire da una *baseline* GPS è possibile eseguire una semplice intersezione in avanti.

Figura 7 Estremi della base GPS per la determinazione delle coordinate di una origine catastale (asse geometrico del campanile) con intersezione in avanti

Esistono alcune alternative alla rideterminazione con misure topografiche dell'origine, se sono disponibili punti di doppie coordinate nel suo intorno oppure punti comuni fra origini limitrofe. Chiameremo i due approcci della "Origine Fittizia (OF)" e della "Triangolazione Aerea Catastale (TAC)".

Metodo dell'origine fittizia (O.F.): per ogni sistema d'asse catastale vengono stimate le coordinate dell'origine a partire da punti di doppie coordinate con un metodo geodetico iterativo (Bendea, 2009), a partire da una posizione del centro di emanazione di prima approssimazione. Il calcolo, rapidamente convergente (2-3 iterazioni), fornisce la stima minimi quadrati delle coordinate dell'origine nel sistema "di arrivo" con la relativa matrice di varianza covarianza.
Con questo metodo è possibile eseguire operazioni di *data-snooping* e individuare eventuali vertici di coordinate non coerenti nei due sistemi di riferimento.

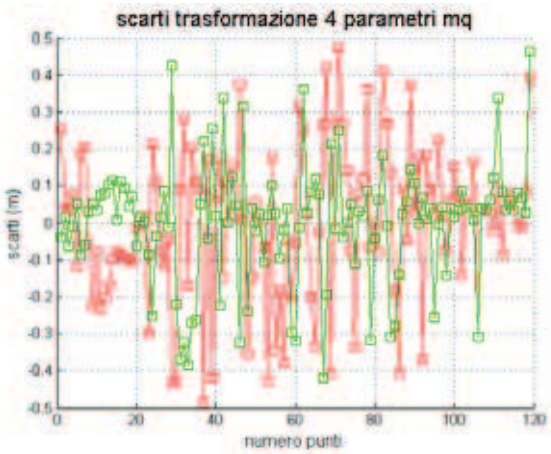
Un caso particolare che riportiamo, è quello della determinazione delle coordinate del "Punto Ideale" o "punto Ω", origine di grande estensione del nord-est del Piemonte.
Di detto punto sono presenti in archivio le sole coordinate nel DATUM Bessel (Figura 9) oltre che numerosi punti di doppie coordinate Cassini-Soldner e Gauss-Boaga.
Si sono quindi stimate le coordinate nei sistemi di riferimento Roma 1940 giungendo, con la stima dell'origine fittizia, alle seguenti coordinate Gauss-Boaga con relativi sqm:

	Est Gauss Boaga	**Nord Gauss Boaga**
punto Ω	1437863.55 m ± 0.02 m	5033310.73 m ± 0.02 m

Figura 8 Punto ideale Ω di Vercelli nel comune di Salussola - **Figura 9** Coordinate punto Ω nel DATUM Bessel

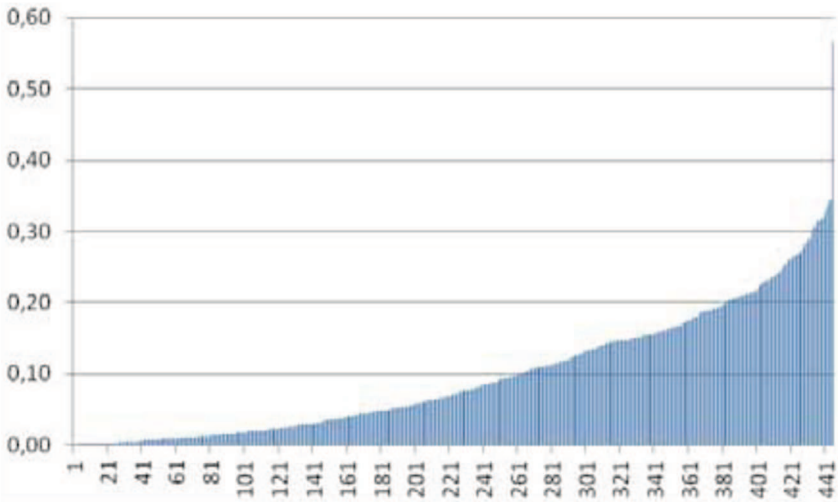
È interessante notare come nella determinazione delle coordinate del punto ideale Ω si siano ottenute precisioni di 2 cm con scarti dei minimi quadrati, sui punti doppi, compresi entro 50 cm (Figura 10). Tale risultato appare sorprendente se si considera l'ampiezza del territorio su cui insiste la rete catastale riferita a questa grande origine, dove vi sono vertici che distano anche più di 100 km dall'origine stessa.

Figura 10 Scarti della stima minimi quadrati sui punti doppi, per la stima del punto ideale "Ω". Est in verde e Nord in rosso



Tale procedura è stata poi usata per rideterminare 445 origini catastali in Piemonte: la stima delle coordinate ha portato alle precisioni riportate in Figura 11; gli scarti planimetrici minimi quadrati sui punti di doppie coordinate sono compresi entro 1 metro.

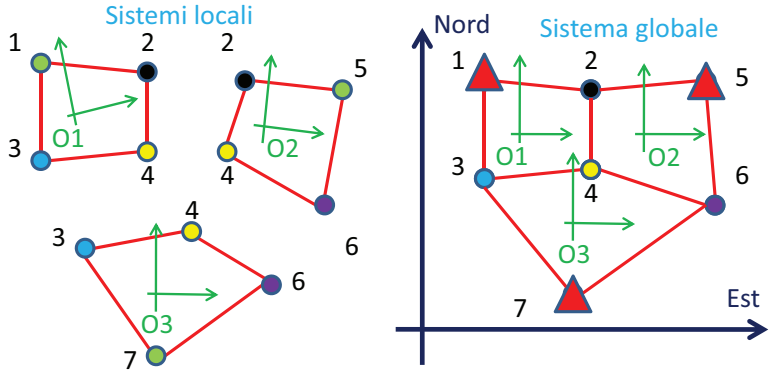
Figura 11 Sqm planimetrico sulle 445 origini in Piemonte, rideterminate con metodo dell'Origine Fittizia



σ componenti planimetriche Est e Nord: < 27 cm nel 95% dei casi

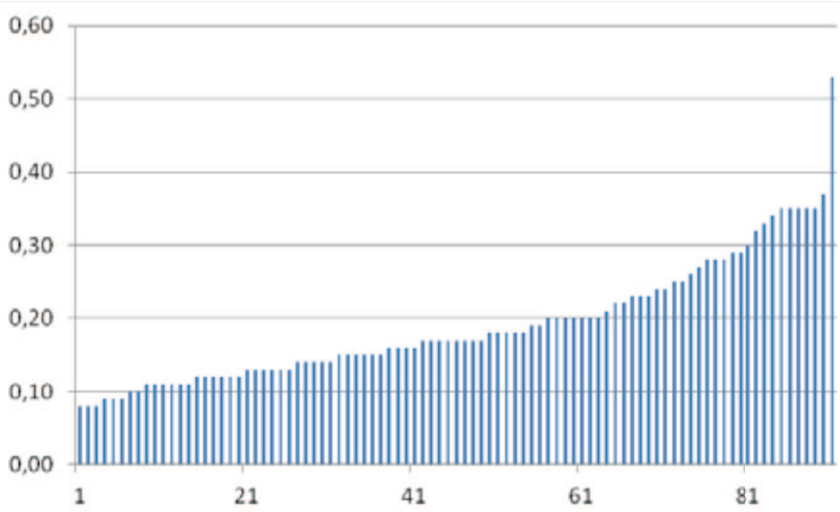
Metodo della Triangolazione Aerea Catastale (T.A.C.): può essere applicato per la stima delle coordinate delle origini quando non si possieda un sufficiente numero di punti di doppie coordinate per ogni sistema d'asse. Analogamente alla Triangolazione Aerea (TA) Fotogrammetrica (Kraus, 1994) per modelli indipendenti, la TA catastale si basa su punti comuni a più origini (punti di legame) e pochi vertici trigonometrici di doppie coordinate (punti di appoggio) (Figura 12).
Il blocco viene compensato e orientato nel sistema di riferimento di arrivo con procedimento di stima minimi quadrati con la stima della matrice di varianza covarianza dei parametri stimati (Cina *et al*., 2011).

Figura 12 TA catastale:
nell'esempio 3 origini (O1, O2, O3) con punti di legame (2, 3, 4, 6)
e 3 punti di doppie coordinate (1, 5, 7),
ricomposti nel sistema globale (Est e Nord)



Nel caso della Regione Piemonte, in parte delle provincie di Alessandria e Novara, non si disponeva di monografie delle origini catastali con punti di doppie coordinate ma di vertici nel solo sistema Cassini-Sodner. Sono stati allora individuati numerosi punti comuni a diverse origini, e alcuni vertici catastali di coordinate Gauss Boaga note, per applicare il procedimento della triangolazione aerea catastale. In totale sono state risolte 91 piccole origini a partire da più di 850 punti di legame, comuni a più origini. La compensazione del blocco ha permesso di determinare le origini catastali con sqm planimetrici descritti in Figura 13.

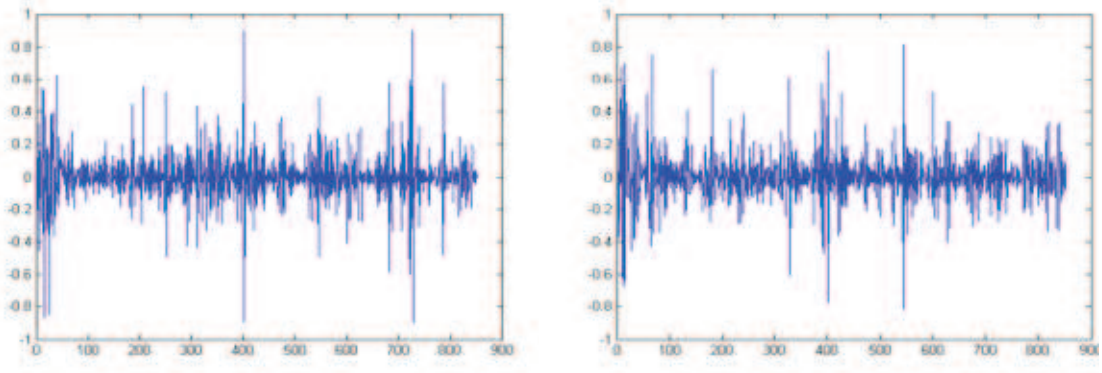
Figura 13 Sqm planimetrico delle 91 origini in Piemonte, determinate con metodo della Triangolazione Aerea Catastale



σ componenti planimetriche Est e Nord: < 35 cm nel 95% dei casi

Gli scarti stimati con minimi quadrati sui punti di legame comuni a più origini sono sempre risultati compresi entro 1 metro e vengono riportati in Figura 14 e Figura 15.

Figura 14 Scarti componente Nord sui punti di appoggio e di legame
Figura 15 Scarti componente Est sui punti di appoggio e di legame



LA VALORIZZAZIONE DEI PARAMETRI DI TRASFORMAZIONE TRA IL DATUM CATASTALE E IL DATUM ROMA 1940 DA PARTE DELL'AGENZIA DEL TERRITORIO.

Come previsto dal Protocollo d'Intesa tra Agenzia del Territorio e Regione Piemonte, il Politecnico di Torino, a valle dell'attività illustrata, ha generato, per ciascuno dei sistemi d'asse del catasto, una griglia omogenea di punti, uno per ciascun foglio di mappa, noti nelle doppie coordinate, Catastali e Roma 1940, compatibile con le procedure in uso presso l'Agenzia del Territorio.

L'Agenzia del Territorio, eseguiti gli opportuni controlli, anche nel proprio data base cartografico, ha valorizzato tali griglie di punti eseguendo, con la propria procedura standard, la trasformazione della cartografia vettoriale del Piemonte, nel Datum Roma 1940.

Eseguita la trasformazione, i file cartografici, sono stati resi disponibili, alla Regione Piemonte, per il tramite del Sistema di Interscambio.

Al momento, le attività sono state concluse per le province di Asti, Biella, Verbania e Vercelli; per le altre province la conclusione delle attività è prevista entro la fine del primo semestre 2012.

E' appena il caso di evidenziare, che in base a recenti accordi, l'Istituto Geografico Militare ha messo a disposizione dell'Agenzia del Territorio, per tutto il territorio nazionale, i "grigliati" che consentono il passaggio dal Datum Roma 1940 al Datum ETRF2000; sarà così possibile, a breve, rendere disponibile la cartografia catastale, in questo ultimo sistema di riferimento, direttamente attraverso il Sistema di Interscambio.

CONCLUSIONI

La procedura geodetica esposta costituisce un approccio per la trasformazione dal DATUM catastale verso i nuovi sistemi di riferimento Roma 1940 e ETRF2000. Essa, applicata in Regione Piemonte, ha permesso la rideterminazione di oltre 540 origini catastali senza il ricorso a misure sul terreno, se non in particolari e limitatissimi casi (due).

Con lo stesso approccio sono stati determinati i parametri di trasformazione tra DATUM, individuando tre zone omogenee nelle quali essi si possono ragionevolmente ritenere costanti.

L'analisi dei residui delle stime minimi quadrati ha permesso l'individuazione di punti di doppie coordinate errati e la valutazione della coerenza tra le coordinate nei DATUM di partenza e di arrivo.

La procedura esposta si presta dunque bene per essere adottata nelle varie casistiche ritrovabili in ambito catastale, soprattutto in presenza di numerosi sistemi d'asse di piccola estensione, presenti in alcune province della regione Veneto e nelle province di Palermo, Potenza e Matera e non ancora trattate dall'Agenzia.

Ringraziamenti

Si ringrazia il dott. Gianni Siletto della Regione Piemonte, l'ing. Mauro Vasone, con i dott. Marzio Pipino e Antonio Chiaffrino del CSI Piemonte, per aver messo a disposizione il materiale che ha contribuito alla presentazione dei risultati.

Bibliografia

Baroni, L., Cauli, F., Donatelli, D., Farolfi, G., and Maseroli, R. *La rete dinamica nazionale (RDN) ed il nuovo sistema di riferimento ETRF2000*. Disponibile in http://87.30.244.175/rdn/rdn_download/relazione.pdf. (visitato il 9/01/2012).

Bendea, H., Cina, A., De Agostino, M., Manzino, A., Piras, M., and Porporato, C. *La ricomposizione dei piccoli sistemi d'asse catastali nel sistema WGS84* in Atti della 13° Conferenza nazionale ASITA (2009).

Cina, A. *Trattamento delle misure topografiche. Torino: CELID.* 125 pp. ISBN 88-7661-534-2 (2002).

Cina, A. L*a carta catastale in un sistema globale in Rivista dell'agenzia del Territorio,* vol. 1, pp. 13–26, ISSN: 1593–2192 (2008).

Cina, A., Ferrante, F.C., Manzino, A.M., and Porporato, C. *Metodologie geodetiche e cartografiche per la ricomposizione della mappa catastale nel sistema UTM-ETRF2000. in Bollettino Della Società Italiana Di Fotogrammetria E Topografia*, vol. 1, pp. 27–40, ISSN: 1721-971X (2010).

Cina, A., Caione, S., Chiaffrino, A., Ferrante, F.C., Garretti, L., Manzino, A.M. Pipino, M. Piras, M. Porporato, C., and Siletto, G.B. *La trasformazione di mappe catastali in Regione Piemonte, nel sistema WGS84 in Bollettino Della Società Italiana Di Fotogrammetria E Topografia,* vol. 1, pp. 27–40, ISSN: 1721-971X, (2012) in stampa.

Di Filippo, S. *Sulla trasformazione delle coordinate plano-cartografiche dalla rappresentazione di Cassini-Soldner alla rappresentazione di Gauss-Boaga e viceversa. In Rivista del Dipartimento del Territorio*, vol. 3, pp. 151–186 (1995).

Di Filippo S. S*ul passaggio delle coordinate plano-cartografiche al sistema WGS84 e viceversa in Rivista dell'Agenzia del Territorio*, vol. 1, pp. 85–90 (2003).

Donatelli, D., Maseroli, R., and Pierozzi, M. *La trasformazione tra i sistemi di riferimento utilizzati in Italia in Bollettino di Geodesia e Scienze affini*, vol. 4, pp. 247–281 (2002).

Inghilleri, G. *Topografia Generale.* Torino: UTET (1970).

Kraus, K. *Fotogrammetria. vol.1 – Teoria e applicazion*i. Traduzione di Sergio Dequal. Torino: Levrotto & Bella. 518 pp (1994).

Pàroli, A. *Il problema della trasformazione delle coordinate nella rappresentazione conforme di Gauss e l'unificazione delle reti trigonometriche del nuovo stato in Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali*, vol. 3, p